

**Braking forc control device**

Patent Number: ☐ US2002005662  
Publication date: 2002-01-17  
Inventor(s): SAWADA MAMORU (JP); SUZUKI HIDEYUKI (JP); TANAKA AKIRA (JP); YASUI YOSHIYUKI (JP); YONEKAWA TAKASHI (JP)  
Applicant(s):  
Requested Patent: ☐ JP2001287632  
Application Number: US20010824835 20010404  
Priority Number (s): JP20000103128 20000405  
IPC Classification: B60T8/68  
EC Classification: B60T8/00B4, B60T8/32D14D  
Equivalents: ☐ DE10116801

---

**Abstract**

---

A braking force control device, wherein wheel speed is detected and a slope of a braking force with respect to slip speed of the wheel is estimated on the basis of the detected wheel speed, a braking operation by which a brake pedal is depressed is detected and, on the basis of the detected braking operation conditions and estimated slope of the braking force, braking of the braking device to brake the wheels by a braking force generated in response to the braking operation by which the brake pedal is depressed is assisted

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-287632  
(P2001-287632A)

(43) 公開日 平成13年10月16日 (2001.10.16)

(51) IntCl.  
B 6 0 T 8/58

識別記号

F I  
B 6 0 T 8/58

チ-73-ト\* (参考)  
Z 3 D 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全13頁)

(21) 出願番号 特願2000-103128(P2000-103128)

(22) 出願日 平成12年4月5日 (2000.4.5)

(71) 出願人 000003609  
株式会社豊田中央研究所  
愛知県愛知郡長久手町大字長瀬字機道41番地の1  
(71) 出願人 000003207  
トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地  
(71) 出願人 000000011  
アイシン精機株式会社  
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地  
(74) 代理人 100079049  
弁理士 中島 淳 (外1名)

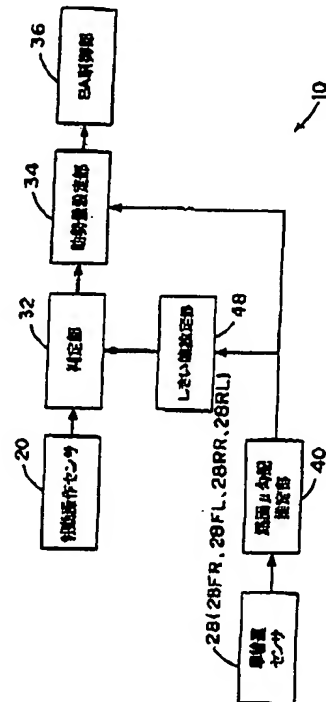
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制動力制御装置

(57) 【要約】

【課題】 路面状況に応じた適切なブレーキアシストを行う。

【解決手段】 BA制御装置10は、判定部32で制動操作センサ20によって検出する制動操作状況からBA制御を行うか否かを判定し、BA制御を行うと判定することにより、助勢量設定部34で設定された助勢量に応じてBA制御を行う。また、BA制御装置は、車輪速センサ28によって検出する車輪速にもとづいて路面μ勾配推定部40で路面μ勾配を推定し、しきい値設定部48でこの推定結果に基づいて判定部でBA制御を行うか否かを判定する時のしきい値を設定すると共に、助勢量設定部34でブレーキアシストを行うときの助勢量を設定することにより、路面状況に応じて適切なBA制御を行い、車両の安定性及び操舵性を確保する。



特開2001-287632 (P2001-287632A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ブレーキペダルを踏み込む制動操作に応じて発生させた制動力によって車輪を制動する制動手段と、

前記車輪の車輪速度を検出する車輪速検出手段と、

前記車輪速検出手段によって検出する車輪速度に基づいて前記車輪のスリップ速度に対する制動力の勾配を推定する路面 $\mu$ 勾配推定手段と、

前記ブレーキペダルを踏み込む制動操作を検出する制動操作検出手段と、

前記制動操作検出手段によって検出する制動操作状況と前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて前記制動手段による前記車輪の制動を助勢する助勢制御手段と、を含むことを特徴とする制動力制御装置。

【請求項2】 前記制動操作状況が、前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて設定した助勢条件を越えたか否かを判定する判定手段を含み、前記助勢制御手段が前記判定手段の判定結果に基づいて制動を助勢することを特徴とする請求項1に記載の制動力制御装置。

【請求項3】 前記路面 $\mu$ 勾配推定手段によって推定した路面 $\mu$ 勾配が高いときには前記助勢条件を低くし、前記路面 $\mu$ 勾配が低いときには助勢条件を高くすることを特徴とする請求項2に記載の制動力制御装置。

【請求項4】 後輪の助勢条件を前輪の助勢条件よりも低く設定することを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の制動力制御装置。

【請求項5】 前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて前記車輪の制動を助勢するときの助勢量を設定する助勢量設定手段を含み、前記助勢制御手段が前記助勢量設定手段によって設定した助勢量で制動を助勢することを特徴とする請求項1から請求項4の何れかに記載の制動力制御装置。

【請求項6】 前記路面 $\mu$ 勾配推定手段によって推定した路面 $\mu$ 勾配が高いときには前記助勢量を大きくし、前記路面 $\mu$ 勾配が低い時には助勢量を小さくすることを特徴とする請求項5に記載の制動力制御装置。

【請求項7】 前記車輪の制動の助勢中に、前記助勢量設定手段が前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて前記助勢力を補正することを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の制動力制御装置。

【請求項8】 後輪の助勢量を前輪の助勢量より小さく設定することを特徴とする請求項5から請求項7の何れかに記載の制動力制御装置。

【請求項9】 前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果が低いときに前輪への制動の助勢のみを可能とすることを特徴とする請求項1から請求項8の何れかに記載の制動力制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両に設けられ

て、ブレーキペダルの操作に応じて制動力を制御する制動力制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】制動力制御装置は、車輪速センサの信号に基づいて車体速度、車体加速度又は車体速度に近似した速度信号を作成し、これらの比較からブレーキを制御して、車輪のロックを防止するアンチロックブレーキ制御（ABS制御）を行うものがある。また、制動力制御装置には、例えば特開平6-179361号公報に示すようにブレーキペダルの操作速度等が所定のしきい値を越えたときに、急制動が要求されたと判断して、ブレーキ踏力に対して制動力を増幅するようにした所謂ブレーキアシスト制御（BA制御）を行うようにしたものがある。

【0003】一方、種々の状況下でBA制御を適切に作動させるために、特開平9-263233号公報では、ブレーキペダル操作量、踏み込み位置、ストローク、マスタシリンダの油圧、踏力、踏み込み加速度等に応じてBA制御の開始基準を変更するようにしている。また、特開平10-273022号公報では、車両旋回時にBA制御を作動させた場合の車両安定性の向上を図るために、旋回状態が車両安定状態であるときには、BA制御を開始するしきい値を下げ、車両安定領域外では、例えば後輪のBA制御を禁止するようにしている。

【0004】ところで、ABS制御とBA制御を行う制動力制御装置では、ブレーキペダルの踏み込み操作等に基づいてBA制御を行い、制動状況に応じてABS制御が行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、路面状況によっては、BA制御が行われて油圧が増幅されることにより制動初期の車輪のスリップが大きくなり、この車輪のスリップに基づいてABS制御を行うと車両の挙動が不安定となってしまうことがある。

【0006】本発明は上記事実に鑑みてなされたものであり、ブレーキアシスト制御とアンチロックブレーキ制御を行うときに、車両の挙動が不安定となってしまうのを防止する制動力制御装置を提案することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、ブレーキペダルを踏み込む制動操作に応じて発生させた制動力によって車輪を制動する制動手段と、前記車輪の車輪速度を検出する車輪速検出手段と、前記車輪速検出手段によって検出する車輪速度に基づいて前記車輪のスリップ速度に対する制動力の勾配を推定する路面 $\mu$ 勾配推定手段と、前記ブレーキペダルを踏み込む制動操作を検出する制動操作検出手段と、前記制動操作検出手段によって検出する制動操作状況と前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて前記制動手段によ

特開2001-287632 (P2001-287632A)

る前記車輪の制動を助勢する助勢制御手段と、を含むことを特徴とする。

【0008】この発明によれば、ブレーキペダルの踏み込み操作を行うときに、制動操作状況に応じて制動の助勢を行う。すなわち、車輪の制動をアシストする。

【0009】また、制動の助勢は、路面 $\mu$ 勾配推定手段が車輪速検出手段によって検出する車輪速に基づいて演算等によって推定する路面 $\mu$ 勾配にもとづいて行う。

【0010】これにより、路面状況に応じた適切なブレーキアシストが可能となり、アンチロックブレーキ制御を行っても車両の挙動が不安定となったり、操舵性が低下するのを防止することができる。

【0011】このような本発明では、前記制動操作状況が、前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて設定した助勢条件を越えたか否かを判定する判定手段を含み、前記助勢制御手段が前記判定手段の判定結果に基づいて制動を助勢することが好ましい。このとき、前記路面 $\mu$ 勾配推定手段によって推定した路面 $\mu$ 勾配が高いときには前記助勢条件を低くし、前記路面 $\mu$ 勾配が低いときには助勢条件を高くすることがより好ましい。

【0012】また、本発明では、前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて前記車輪の制動を助勢するときの助勢量を設定する助勢量設定手段を含み、前記助勢制御手段が前記助勢量設定手段によって設定した助勢量で制動を助勢することが好ましい。このとき、前記路面 $\mu$ 勾配推定手段によって推定した路面 $\mu$ 勾配が高いときには前記助勢量を大きくし、前記路面 $\mu$ 勾配が低い時には助勢量を小さくすることがより好ましい。

【0013】さらに、本発明では、前記車輪の制動の助勢中に、前記助勢量設定手段が前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果に基づいて前記助勢力を補正することが、路面状況の変化に応じた制動の助勢が可能となるために好ましい。

【0014】また、本発明では、後輪の助勢条件を前輪の助勢条件よりも低く設定したり、後輪の助勢量を前輪の助勢量より小さく設定することにより、後輪側の制動助勢を前輪側の制動助勢よりも抑えることにより、車両の安定性や操舵性の確保のためにはより好ましい。

【0015】さらに前記路面 $\mu$ 勾配推定手段の推定結果が低ときに前輪への制動の助勢のみを可能とすることが好ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態に係る制動力制御装置を詳細に説明する。

(第1の実施の形態) 図1には、本実施の形態に係るブレーキアシスト制御装置(以下「BA制御装置10」とする)の概略構成を示している。また、図2には、第1の実施の形態でBA制御装置10によって作動が制御されるブレーキシステム(「制動装置12」とする)の概略構成を示している。

【0017】制動装置12は、ブレーキペダル14の踏み込み操作によってマスターシリンダ16で油圧(液圧)が上昇され、この液圧の上昇が液圧制御バルブ18に伝達される。また、ブレーキペダル14の踏み込み操作の状況は、制動操作センサ20によって検出される。

【0018】液圧制御バルブ18は、前輪22FR、左前輪22FL、右後輪22RR及び左後輪22RL(以下、総称するときには「車輪22」とする)のそれぞれに設けているホイールシリンダ24FR、24FL、24RR、24RL(以下総称するときには「ホイールシリンダ24」とする)に接続した複数のバルブ(例えばソレノイドバルブ)を備えている。

【0019】液圧制御バルブ18は、マスターシリンダ16から伝達される液圧の上昇に応じて、各車輪22のホイールシリンダ24への液圧を上昇する。各車輪22は、ホイールシリンダ24の液圧が上昇することにより制動される。このときに、液圧源30から供給される液圧に応じた液圧をホイールシリンダ24のそれぞれに供給する。

【0020】この液圧制御バルブ18は、制動装置12の作動を制御するECU26に接続している。また、ECU26には、車輪22のそれぞれに設けている車輪速センサ28FR、28FL、28RR、28RL(以下、総称するときには「車輪速センサ28」とする)が接続している。

【0021】ECU26は、ブレーキアシスト制御(BA制御)に加えてアンチロックブレーキ制御(ABS制御)を行うようになっている。

【0022】すなわち、ECU26は、液圧制御バルブ18の作動を制御するときに、車輪速センサ28等の検出結果に基づいて、各車輪22がロックしないように各ホイールシリンダ24へ供給する液圧を制御し、制動時の車両安定性、操舵性等を確保するようにしている。なお、ECU26による液圧制御バルブ18及び液圧制御バルブ18の制御は、ABS制御、トラクションコントロール制御(TRC制御)等を行う一般的構成を適用でき、本実施の形態では詳細な説明を省略する。

【0023】図1に示すように、ECU26に構成されているBA制御装置10は、BA制御を行うか否かを判定する判定部32を備えており、この判定部32にブレーキペダル14の踏み込み操作状況を検出する制動操作センサ20が接続されている。

【0024】判定部32は、制動操作センサ20によって検出するブレーキペダル14の踏み込み位置及び踏み込み位置の変化(ストローク)等から制動操作量を演算し、この制動操作量と操作時間から単位時間当たりの変化量である制動操作速度を求める。

【0025】この後、判定部32は、演算した制動操作速度が所定のしきい値を越えたときにBA制御を行うと判定する。助勢量設定部34は、BA制御を行うと判定

特開2001-287632 (P2001-287632A)

されると、BA制御を行う時の液圧の増加量である助勢量を設定し、BA制御部36は、設定された助勢量に基づいて液圧制御バルブ18を制御してブレーキアシストを実行する。

【0026】これにより、図3(A)に示すように、BA制御を行わないときには、制動操作量（例えばブレーキペダル14の踏み込み量）の増加に応じて、液圧制御バルブ18からの各ホイールシリンダ24への液圧出力が、点 $a_1-b_1-c_1-e_1-f_1$ と変化（一部を破線で示す）するのに対して、BA制御を行うことにより、液圧出力が、図3(A)で実線で示すように、点 $c_1-e_1$ の間で、点 $c_1-d_1-e_1$ と増加する。この液圧出力の増加が制動力の増加となる。

【0027】また、液圧制御バルブ18へ供給する液圧が高い液圧源30を用いているときには、図3(B)に実線で示すように、BA制御を行うことにより、制動操作量の増加に応じて点 $a_1-b_1-c_1-d_1-f_1$ となる。すなわち、BA制御を行うことにより液圧源30から供給される液圧に応じてホイールシリンダ24へ供給する液圧が高くなる。これにより、ブレーキペダル14の制動操作量が僅かでも高い制動力が得られる。なお、図3(B)では、BA制御を行わないときのホイールシリンダ24への液圧出力の一部を破線で示している。

【0028】一方、BA制御装置10は、路面 $\mu$ 勾配推定部40が設けられており、この路面 $\mu$ 勾配推定部40に各車輪22に設けている車輪速センサ28が接続されている。

【0029】路面の摩擦係数 $\mu$ （路面 $\mu$ ）は、制動力を垂直荷重で除した値（垂直荷重に対する制動力）であり、図4に示すように、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ は、路面に接している車輪22のタイヤのスリップ率に対する路面 $\mu$ によって定義される。

【0030】すなわち、タイヤのグリップ力が高い場合、言い換えれば、垂直荷重に対して制動力が小さい場合（例えば図4の点 $g_1$ ）、タイヤのスリップ率が低い。タイヤのスリップ率が低い状態では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ の値（図4での接線の傾き）は高くなる。これに対して、タイヤのグリップ力が低い場合、言い換えれば、垂直荷重に対して制動力が大きい場合（例えば図4の点 $g_2$ ）、タイヤのスリップ率が高い。タイヤのスリップ率が高い状態では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ の値は低くなり、制動力のピークで発生するタイヤのスリップ状態では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ の値は零（「 $D_0=0$ 」）となる。

【0031】このように、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ は、路面に接するタイヤのグリップ度を示す指標となる。

【0032】図5に示すように、路面 $\mu$ 勾配推定部40は、前処理フィルタ42、伝達関数同定手段44及び $\mu$ 勾配演算手段46によって構成されており、路面外乱 $\Delta T_d$ のみが加振入力として車輪共振系に入力されている場合に路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ を演算することにより推定する。

【0033】車輪速センサ28は、各車輪22の車輪速 $\omega_1$ を検出する。前処理フィルタ42は、検出された各車輪の車輪速度 $\omega_1$ から路面外乱 $\Delta T_d$ を受けた車輪共振系の応答出力としての各車輪22の車輪速振動 $\Delta \omega_1$ を検出する。伝達関数同定手段44は、検出された車輪速振動 $\Delta \omega_1$ を満足するような各車輪の伝達関数を最小乗法を用いて同定する。また、 $\mu$ 勾配演算手段46は、同定された伝達関数に基づいてタイヤと路面との間の摩擦係数 $\mu$ の勾配を各車輪22毎に演算する。

【0034】前処理フィルタ42は、本車輪共振系の共振周波数と予想される周波数を中心として一定の帯域の周波数成分のみを通過させるバンドパスフィルタや、該共振周波数成分を含む高帯域の周波数成分のみを通過させるハイパスフィルタなどで構成することができ、このバンドパスフィルタ或いはハイパスフィルタの周波数特性を規定するパラメータを一定値に固定したものである。なお、この前処理フィルタ42の出力は、直流成分を除去したものとし、車輪速度 $\omega_1$ の回りの車輪速振動 $\Delta \omega_1$ のみを抽出する。

【0035】いまここで、前処理フィルタ42の伝達関数 $F(s)$ を、

【0036】

【数1】

$$F(s) = \frac{1}{\sum_{i=0}^m c_i s^{m-i}} \quad (1)$$

【0037】とする。ただし、 $c_i$ はフィルタ伝達関数の係数、 $s$ はラプラス演算子である。

【0038】次に、伝達関数同定手段44が依拠する演算式を導出しておく。なお、本実施の形態では、前処理フィルタ42の演算を、伝達関数同定手段44の演算に含めて実施する。

【0039】まず、同定すべき伝達関数は、路面外乱 $\Delta T_d$ を加振入力として、このとき前処理フィルタ42により検出された車輪速振動 $\Delta \omega_1$ を応答出力とする2次のモデルとする。すなわち、

【0040】

【数2】

$$\Delta \omega_1 = \frac{b_2}{\sum_{i=0}^2 a_i s^{2-i}} \Delta T_d + v_1 a_0 = 1 \quad (2)$$

【0041】の振動モデルを仮定する。ここに、 $v$ は車輪速信号を観測するときに含まれる観測雑音である。

(2)式を変形すると、次式を得る。

【0042】

【数3】

特開2001-287632 (P2001-287632A)

$$\sum_{i=0}^2 a_i s^{2-i} \Delta \omega_1 = b_2 \Delta T_d + \sum_{i=0}^2 a_i s^{2-i} v \quad (3)$$

【0043】まず、(3)式に(1)式の前処理フィルタ42を掛けて得られた式を離散化する。このとき、車輪速振動 $\Delta \omega_1$ 、路面外乱 $\Delta T_d$ 、車輪速信号 $v$ は、サンプリング周期 $T_s$ 毎にサンプリングされた離散化データ $\Delta \omega_1(k)$ 、 $\Delta T_d(k)$ 、 $v(k)$  ( $k$ はサンプリング番号： $k=1, 2, 3, \dots$ )として表される。また、ラプラス演算子 $s$ は、所定の離散化手法を用いて離散化することができる。本実施の形態では、一例として、次の双

$$\sum_{i=0}^2 a_i \zeta_{y1}(\kappa) = b_2 \zeta_{u2}(\kappa) + \sum_{i=0}^2 a_i \zeta_{v1}(\kappa) \quad (4)$$

ただし、

$$\zeta_{y1}(\kappa) = \left( \frac{T_s}{2} \right)^i (1+d)^i (1-d)^{2-i} F_0(d) \Delta \omega_1(\kappa) \quad (5)$$

$$\zeta_{u2}(\kappa) = \left( \frac{T_s}{2} \right)^2 (1+d)^2 F_0(d) \Delta T_d(k) \quad (6)$$

$$\zeta_{v1}(\kappa) = \left( \frac{T_s}{2} \right)^i (1+d)^i (1-d)^{2-i} F_0(d) v(\kappa) \quad (7)$$

$$F_0(d) = \frac{1}{\sum_{i=0}^2 c_i \left( \frac{T_s}{2} \right)^i (1+d)^i (1-d)^{2-i}} \quad (8)$$

【0047】また、最小自乗法に基づいて、車輪速振動 $\Delta \omega_1$ の各データから伝達関数を同定するために、(4)式を、同定すべきパラメータに関して一次関数の形式となるように、次式のように変形する。なお、“ $T$ ”を

$$\zeta_{y0}(\kappa) = T(\kappa)\theta + \gamma(\kappa) \quad (9)$$

ここに、

$$\begin{aligned} \zeta(\kappa) &= [-\zeta_{v1}(\kappa) - \zeta_{u2}(\kappa)]^T \\ \theta &= [a_1 a_2]^T \\ \gamma(\kappa) &= b_2 \zeta_{u2}(\kappa) + \sum_{i=0}^2 a_i \zeta_{v1}(\kappa) \end{aligned} \quad (10)$$

【0049】上式において、 $\theta$ が同定すべき伝達関数のパラメータとなる。

【0050】このように構成している路面 $\mu$ 勾配推定部40では、伝達関数同定手段44が検出された車輪速振動 $\Delta \omega_1$ の離散化データを(9)式に順次当てはめた各データに対し、最小自乗法を適用することによって、未知パラメータ $\theta$ を推定し、これにより伝達関数を同定す

る。一次変換により離散化するものとする。なお、 $d$ は1サンプル遅延演算子である。

【0044】

【数4】

$$S = \frac{2}{T_s} \frac{1-d}{1+d}$$

【0045】また、前処理フィルタの次数 $m$ は、2以上が望ましいので、本実施の形態では、演算時間も考慮して $m=2$ とし、これによって次式を得る。

【0046】

【数5】

行列の転置とする。

【0048】

【数6】

る。

【0061】具体的には、検出された車輪速振動 $\Delta \omega_1$ を離散化データ $\Delta \omega(k)$  ( $k=1, 2, 3, \dots$ )に変換し、該データを $N$ 点サンブルし、次式の最小自乗法の演算式を用いて、伝達関数のパラメータ $\theta$ を推定する。

【0052】

【数7】

$$\hat{\theta}(N) = \left( \sum_{\kappa=1}^N \rho^{N-\kappa} \zeta(\kappa) \zeta^T(\kappa) \right)^{-1} \left( \sum_{\kappa=1}^N \rho^{N-\kappa} \zeta(\kappa) \zeta_{y0}(\kappa) \right) \quad (11)$$

特開2001-287632 (P2001-287632A)

【0053】ここに、記号“ $\hat{\cdot}$ ”の冠した量をその推定値と定義する。

【0064】また、上記最小自乗法は、次の漸化式によってパラメータ $\theta$ を求める逐次型最小自乗法として演算

$$\hat{\theta}(N) = \hat{\theta}(N-1) + h(N) [\zeta^T(N) \hat{\theta}(N-1) - \zeta^T(N) y_0(N)] \quad (12)$$

$$h(N) = \frac{P(N-1) \zeta(N)}{\rho + \zeta^T(N) P(N-1) \zeta(N)} \quad (13)$$

$$P(N) = \frac{1}{\rho} \{I - h(N) \zeta^T(N)\} P(N-1) \quad (14)$$

【0056】ここで、 $\rho$ は、いわゆる忘却係数で、通常は0.95~0.99の値に設定する。このとき、初期値は、

【0057】

【数9】

$$\hat{\theta}(-1) = 0, P(-1) = \alpha I, \alpha: \text{十分大きな正数}$$

【0058】とすればよい。

【0059】また、上記最小自乗法の推定誤差を低減す

$$\hat{\theta}(N) = \left( \sum_{k=1}^N \rho^{N-k} m(k) \zeta^T(k) \right)^{-1} \left( \sum_{k=1}^N \rho^{N-k} m(k) \zeta^T(k) y_0(k) \right) \quad (15)$$

【0061】また、逐次演算は、以下のようになる。

【0062】

$$\hat{\theta}(N) = \hat{\theta}(N-1) + h(N) [\zeta^T(N) \hat{\theta}(N-1) - \zeta^T(N) y_0(N)] \quad (16)$$

$$h(N) = \frac{P(N-1) m(N)}{\rho + \zeta^T(N) P(N-1) m(N)} \quad (17)$$

$$P(N) = \frac{1}{\rho} \{I - h(N) \zeta^T(N)\} P(N-1) \quad (18)$$

【0063】補助変数法の原理は、以下の通りである。

(15)式に(9)式を代入すると、

$$\hat{\theta}(N) = \theta + \left( \sum_{k=1}^N \rho^{N-k} m(k) \zeta^T(k) \right)^{-1} \left( \sum_{k=1}^N \rho^{N-k} m(k) y(k) \right) \quad (19)$$

【0065】となるので、(19)式の右辺第2項が零となるように補助変数を選べば $\theta$ の推定値は、 $\theta$ の真値に一致する。そこで、本実施の形態では、補助変数として、 $\zeta(k) = [-\xi_{y1}(k) - \xi_{y2}(k)]^T$ を式

$$m(k) = (-\xi_{y1}(k-L) - \xi_{y2}(k-L))^T \quad (20)$$

【0067】とする。ただし、 $L$ は遅延時間である。

【0068】上記のようにして伝達関数を同定した後、 $\mu$ 勾配演算手段46において、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に関係す

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \frac{D_0}{J_1 + J_2} \quad (21)$$

【0070】と演算する。このように(21)式により路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に関係する物理量を演算できると、例え

してもよい。

【0055】

【数8】

る方法として、種々の修正最小自乗法を用いてもよい。本実施の形態では、補助変数を導入した最小自乗法である補助変数法を用いた例を説明する。該方法によれば、(9)式の関係が得られた段階で $m(k)$ を補助変数として、次式を用いて伝達関数のパラメータを推定する。

【0060】

【数10】

【数11】

【0064】

【数12】

誤差 $r(k)$ と相関を持たないほどに遅らせたものを利用する。すなわち、

【0066】

【数13】

る物理量を、

【0069】

【数14】

ば、該物理量が小さいとき、タイヤと路面との間の摩擦特性が飽和状態であると容易に判定できる。

特開2001-287632 (P2001-287632A)

【0071】なお、前処理フィルタ42では、バンドパスフィルタ或いはハイパスフィルタの周波数特性を規定するパラメータを一定値に固定しているが、このパラメータを伝達関数同定手段44で同定されたパラメータに適合させて変化させるようにしてもよい。即ち、伝達関数同定手段44で同定されたパラメータに応じて前処理フィルタ42の特性を変化させる適応手段を更に設けてもよい（特開平11-78843号公報の第1の実施の形態の第2の態様（図9等参照））。

【0072】また、路面 $\mu$ 勾配推定部40は、励振トルク $\Delta T_1$ が加振入力として車輪共振系に入力されている場合に車輪共振系の伝達関数を同定して、路面 $\mu$ 勾配を演算するようにしてもよい（特開平11-78843号公報の第3の実施の形態の第1の態様（図13等参照））。

【0073】さらに、路面 $\mu$ 勾配推定部40は、励振トルク $\Delta T_1$ が加振入力として車輪共振系に入力されている場合において、検出された加振入力と応答出力とから車輪共振系の伝達関数を同定するようにしてもよい（特開平11-78843号公報の第4の実施の形態の第1の態様（図16等参照））。

【0074】加えて、路面 $\mu$ 勾配推定部40は、応答出力の内、周期的な信号である応答出力のみを選別し、選別された応答出力に基づいて車輪共振系の伝達関数を同定し、 $\mu$ 勾配を演算するようにしてもよい（特開平11-78843号公報の第5の実施の形態（図18等参照））。

【0076】また、以上説明した例では、タイヤと路面との間の摩擦特性を含む車輪共振系への加振入力に対する応答出力を検出し、加振入力から応答出力までの車輪共振系の伝達特性を、少なくともタイヤと路面との間のすべり易さに関する物理量を車輪状態の未知要素として含む振動モデルで表し、該振動モデルに基づいて、少なくとも上記検出された応答出力を略満足させるような未知要素を推定するものである。

【0076】本発明はこれに限定されるものではなく、車輪速度信号からバネ下共振特性を表す物理モデルのパラメータを同定し、同定したパラメータから路面と各車輪22のタイヤとの間の滑り易さに関する物理量を推定する物理量として、路面 $\mu$ 勾配を演算してもよい（特開平10-281660号の実施の形態の欄等参照）。

【0077】さらに、路面とタイヤとの間の滑り易さに関する物理量として、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ を演算しているが、スリップ速度に対する制動トルクの勾配（制動トルク勾配）、スリップ速度に対する駆動トルクの勾配（駆動トルク勾配）、及び微小振動等を求めるようにしてもよい。

【0078】即ち、所定のサンプル時間毎に検出された車輪速度の時系列データに基づいて、制動トルク勾配や駆動トルク勾配を演算してもよい（特開平10-114263号公報（図1等参照））。

【0079】また、所定のサンプル時間毎に検出された

車輪減速度の時系列データ、及び所定のサンプル時間毎に検出されたブレーキトルク又は該ブレーキトルクに関連した物理量の時系列データに基づいて、制動トルク勾配を演算してもよい（特開平10-114263号公報（図2、図3等参照））。

【0080】さらに、車体とタイヤを含む車輪22と路面とから構成される振動系の共振周波数でブレーキ力を微小励振し、ブレーキ力を微小励振した場合のブレーキ力の微小振幅に対する車輪速度の共振周波数成分の微小振幅の比である微小ゲインを演算してもよい（特開平10-114263号公報（図4等参照））。

【0081】この路面 $\mu$ 勾配推定部40で推定された路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ は、しきい値設定部48及び助勢量設定部34に入力される。

【0082】しきい値設定部48では、判定部32で制動操作量等から制動操作速度を演算し、BA制御を行うか否かを判定するときのしきい値 $T_h$ を、路面 $\mu$ 勾配推定部40から入力される路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定する。このときに、図6に示すように、しきい値設定部48では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が低いときには、しきい値 $T_h$ を高く設定し、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が高いときには、しきい値 $T_h$ を低く設定する。

【0083】なお、しきい値 $T_h$ は、上限値 $T_{hH}$ と下限値 $T_{hL}$ が設定され、この上限値 $T_{hH}$ と下限値 $T_{hL}$ の間でしきい値 $T_h$ を設定するようにしている（ $T_{hH} \geq T_h \geq T_{hL}$ ）。

【0084】判定部32は、制動操作量等から演算した制動操作速度 $X$ がしきい値 $T_h$ を越えているか否かから、BA制御を行うか否かを判断する。このとき、制動操作速度 $X$ が同じであっても、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が高いとBA制御を行うように判定するが、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が低いときには、BA制御を行わないか又はBA制御を停止するように判定する。

【0085】また、助勢量設定部34では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて、BA制御を行う時の助勢量 $Y$ を設定する。このとき、図7に示すように、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が低い時には、助勢量 $Y$ が低くなるように設定し、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が高いときには、助勢量 $Y$ が高くなるように設定する。なお、助勢量 $Y$ は、上限値 $Y_H$ と下限値 $Y_L$ が設定されており、この上限値 $Y_H$ と下限値 $Y_L$ の間で、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて助勢量 $Y$ を設定するようにしている（ $Y_H \geq Y \geq Y_L$ ）。

【0086】なお、しきい値 $T_h$ 及び助勢量 $Y$ は、予め基準値が設定されており、しきい値設定部48及び助勢量設定部34でしきい値 $T_h$ 及び助勢量 $Y$ の基準値を路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて補正するようにしてもよい。

【0087】このように構成されているBA制御装置10の作動を概略を、図8に示すフローチャートを参照しながら説明する。なお、BA制御装置10は、車両の走行を開始するために、図示しないイグニッションスイッ



特開2001-287632 (P2001-287632A)

チをオンすることによりこのフローチャートの実行し、イグニッションスイッチがオフされることにより実行を終了する。

【0088】このフローチャートでは、イグニッションスイッチがオンされることにより、ステップ100で種々のパラメータ等の初期化を行う。この後、ステップ102では、先ず、各車輪22に設けている車輪速センサ28や、ブレーキペダル14が操作されているか否かを検出するストップスイッチ(STP、図示省略)等の各センサによって検出するセンサ信号を読み込む。

【0089】ステップ104では、各車輪速センサ28によって検出する各車輪22の本速度 $\omega_1$ を演算する。次に、ステップ106では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ を推定する。この路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ は、前記したごとく、各車輪22の車輪速 $\omega_1$ から車輪速振動 $\Delta\omega_1$ を抽出し、この車輪速振動 $\Delta\omega_1$ に基づいて、車輪22のそれぞれについて路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ を演算する。

【0090】この後、ステップ108では、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいてしきい値 $Th$ や助勢力 $Y$ 等のBA制御パラメータを設定する。

【0091】一方、ステップ110では、制動操作センサ20等のBA制御を行うか否かを判定するためのセンサ信号を読み込む。

【0092】ここで、車両の制動を行うためにブレーキペダル14が踏み込まれると、このブレーキペダル14の踏み込み操作及び踏み込み操作の状況が制動操作センサ20によって検出されて読み込まれる。

【0093】次に、ステップ112では、制動操作センサ20等によって検出するブレーキペダル14の踏み込み位置や踏み込み位置の変化(ストローク)に基づいて制動操作量を演算し、ステップ114では、この制動操作量から制動操作速度 $X$ を演算する。なお、ステップ102～ステップ108の路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ の推定(演算)及び推定結果に基づいたBA制御パラメータの設定と、ステップ110～ステップ114の制動操作速度 $X$ の演算は、並行して行われるものであって良い。

【0094】このようにして、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ を推定する演算及び路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいたBA制御パラメータ(しきい値 $Th$ 、助勢力 $Y$ )の設定と、制動操作速度 $X$ の演算が終了すると、ステップ116～ステップ120では、BA制御パラメータと制動操作速度 $X$ に基づいて、BA制御を行うか否かの判定を行う。

【0095】このとき、先ずステップ116では、BA制御中か否か、すなわち、BA制御を行っているか否かを確認し、BA制御中でないとき(ステップ116で否定判定)には、ステップ118へ移行して、BA制御を行うか否かを判定する。

【0096】このBA制御を行うか否かの判定は、制動操作速度 $X$ とBA制御パラメータの一つとして路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定したしきい値 $Th$ を比較すること

により行う)このとき、車輪22FR、22FL、22RR、22RLのそれぞれについて判定される。

【0097】ここで、制動操作速度 $X$ がしきい値 $Th$ に達していないとき( $X < Th$ 、ステップ118で否定判定)には、BA制御を行うように設定せずに、ステップ102へ戻る。

【0098】これに対して、制動操作速度 $X$ がしきい値 $Th$ を越えている( $X \geq Th$ 、ステップ118で肯定判定)と、ステップ122へ移行して、BA制御パラメータの一つとして路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定された助勢力 $Y$ によってBA制御を行うように設定する(BA制御開始)。

【0099】このように、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定したしきい値 $Th$ を基準にして、BA制御を行うか否かを判定することにより、路面 $\mu$ が低い状態で大きな制動力を与えてしまい、この後にABS制御が行われたときに、ABS制御の開始直後に車輪22のスリップが大きくなって車両が安定性を欠いたり、操舵性が低下してしまうのを確実に防止することができる。

【0100】また、BA制御を行うときに、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて助勢力 $Y$ を設定することにより、例えば路面 $\mu$ が低い状態で、車輪22に必要以上に大きな制動力をかけてしまうのを防止し、安定した車両制動を行うことができる。

【0101】特に、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が低い場合には、タイヤのグリップ状態はすでに低くなっており、BA制御を行うまでもなく、ABS制御等によって容易に制動操作を行うことができる。

【0102】したがって、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が低いときに、しきい値 $Th$ を高く設定して、BA制御が開始され難くしたり、助勢力 $Y$ を低くして、BA制御を行っても制動力の増加を抑えることにより、不必要にBA制御を行ったり、大きな制動力を働かせてしまうのを確実に防止することができる。

【0103】また、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が高い場合、タイヤのグリップ力が高くなっており、このときに、しきい値 $Th$ を下げたり、助勢力 $Y$ を大きくすることにより、BA制御を効率良く行って、車両に的確な制動力を働かせることができる。

【0104】このようにしてBA制御が開始されることにより、次にステップ116が実行されると、このステップ116で肯定判定されてステップ120へ移行する。このステップ120では、最新の路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定されたしきい値 $Th$ と制動操作速度 $X$ から、制動操作速度 $X$ がしきい値 $Th$ を越えたか否かを判定し、制動操作速度 $X$ がしきい値 $Th$ を越えていた場合( $X \geq Th$ 、ステップ120で肯定判定)、ステップ122へ移行して、BA制御を継続する。このとき、助勢力 $Y$ は、最新の路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定されたものをを用いる。

特開2001-287632 (P2001-287632A)

【0105】これに対して、制動操作速度 $X$ がしきい値 $Th$ に達していないとき( $X < Th$ )には、ステップ120で否定判定されてステップ124へ移行し、BA制御を終了する。

【0106】すなわち、BA制御の継続中は、BA制御を行うか否かの判定は勿論、BA制御を行う時の助勢量 $Y$ を、最新の路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定したものを使用する。

【0107】これにより、車両の走行中の路面 $\mu$ の変化に合わせて、的確にBA制御を行うことができ、BA制御中は勿論、ABS制御が開始されたときにも車両の安定性及び操舵性を確保することができる。

(第2の実施の形態)次に本発明の第2の実施の形態を説明する。なお、第2の実施の形態の基本的構成は、前記した第1の実施の形態と同じであり、第2の実施の形態では、第1の実施の形態と同一の部品には、同一の符号を付与してその説明を省略する。

【0108】この第2の実施の形態では、各車輪22に対して求めた路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定するしきい値 $Th$ と助勢量 $Y$ の設定基準を、前輪である車輪22FR、22FLと後輪である車輪22RR、22RLで変えている。

【0109】すなわち、しきい値設定部48では、図9に示すように、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が同じであれば、後輪(車輪22RR、22RL)側のしきい値 $Th$ が、前輪(車輪22FR、22FL)側のしきい値 $Th$ よりも高くなるように設定する。

【0110】このとき、車輪22FR、22FLに対するしきい値 $Th$ の上限値 $Th_{H1}$ は、車輪22RR、22RLに対するしきい値 $Th$ の上限値 $Th_{H2}$ よりも低くなっており( $Th_{H1} < Th_{H2}$ )、車輪22FR、22FLに対しては、下限値 $Th_L$ と上限値 $Th_{H1}$ の間でしきい値 $Th$ が設定され( $Th_{H1} \geq Th \geq Th_L$ )、車輪22RR、22RLに対しては、下限値 $Th_L$ と上限値 $Th_{H2}$ の間でしきい値 $Th$ を設定するようにしている( $Th_{H2} \geq Th \geq Th_L$ )。

【0111】また、助勢量設定部34では、図10に示すように、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が同じであれば、後輪(車輪22RR、22RL)側の助勢量 $Y$ が、前輪(車輪22FR、22FL)側の助勢量 $Y$ よりも低くなるように設定する。

【0112】このとき、車輪22FR、22FLに対する助勢量 $Y$ の下限値 $Y_{L1}$ よりも、車輪22RR、22RLに対する助勢量 $Y$ の下限値 $Y_{L2}$ を低く設定している

( $Y_{L1} > Y_{L2}$ )これにより、第2の実施の形態では、後輪側である車輪22RR、22RLのBA制御を行うのを抑えると共に、BA制御を行うときには、助勢量 $Y$ を前輪側である車輪22FR、22FLよりも低くするようにしている。

【0113】車両を制動させた場合、前輪となる車輪2

2FR、22FLに対する垂直荷重が高くなり、後輪となる車輪22RR、22RLに対する垂直荷重が低くなる。これにより、車輪22RR、22RLに対する路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が変化する。

【0114】このときに、車輪22RR、22RLに対するしきい値 $Th$ を高く設定したり、助勢量 $Y$ を低く設定することにより、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ の変化に合わせた的確なBA制御が可能となる。

【0115】特に、車両が旋回中では、車輪22RR、22RLの垂直荷重の低下が車両の操舵性をオーバーステア側に変化させてしまうが、このような操舵性の変化を抑えた安定した操舵性の確保が可能となる。

【0116】なお、後輪となる車輪22RR、22RLに対する助勢量 $Y$ は、図10に二点鎖線で示すように、下限値が零( $Y_{L2} = 0$ )となるようにしても良い。すなわち、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ が所定値 $D_1$ 以下となったときには、車輪22RR、22RLへのBA制御を行わずに、前輪となる車輪22FR、22FLへのみのBA制御が可能となるようにしても良い。

【0117】なお、以上説明した本実施の形態は、本発明の構成を限定するものではない。例えば、本実施の形態では、液圧源30を備えた制動装置12を例に説明したが、液圧源30に換えて、負圧源(バキューム源)を備えたものであっても良い。

【0118】すなわち、図11に示す制動装置50では、マスターシリンダ16に換えて用いているマスターシリンダ54に、圧力制御バルブ52を設けている。また、マスターシリンダ54内には、通常のブレーキ操作に使用されるチャンバーとは別にチャンバーが設けられており、ECU26では、BA制御を行うときに、制御バルブ52の開閉によってこのチャンバー内の圧力を制御し、ホイールシリンダ24に供給する液圧を上昇させるようにしている。

【0119】また、本実施の形態では、しきい値 $Th$ と助勢量 $Y$ を、路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定したが、少なくともしきい値 $Th$ 又は助勢量 $Y$ の何れか一方を路面 $\mu$ 勾配 $D_0$ に基づいて設定するように、他方を従来通り予め設定した基準値を用いるようにしても良い。

【0120】すなわち、図1に示すしきい値設定部48を省略し、しきい値 $Th$ を予め設定している基準値を用いるようにしても良い。この場合、前輪側の車輪22FR、22FLに対するしきい値 $Th$ よりも、後輪側の車輪22RR、22RLに対するしきい値 $Th$ を高く設定しておいても良く、より好ましい。

【0121】また、助勢量設定部34を省略し、BA制御部36で予め設定されている助勢量となるようにBA制御を行うようにしても良い。この場合、前輪側の車輪22FR、22FLに対する助勢量 $Y$ よりも、後輪側の車輪22RR、22RLに対する助勢量 $Y$ を低く設定しておいても良く、より好ましい。

【0122】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、路面状況に応じてブレーキアシストを行うので、不必要にブレーキアシストを行うのを防止できると共に、適切に車輪を制動しながら車両の安定性及び操舵性を確保することができるという優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したBA制御装置の概略構成を示す機能ブロック図である。

【図2】本実施の形態に適用した制動装置の概略構成図である。

【図3】(A)及び(B)はそれぞれ、制動操作量に対するホイールシリンダへの液圧出力の概略を示す線図である。

【図4】タイヤのスリップ率に対する路面 $\mu$ の変化の概略を示す線図である。

【図5】路面 $\mu$ 勾配推定部の概略構成を示す機能ブロック図である。

【図6】第1の実施の形態で路面 $\mu$ 勾配に基づいて設定するしきい値の概略を示す線図である。

【図7】第1の実施の形態で路面 $\mu$ 勾配に基づいて設定する助勢量の概略を示す線図である。

【図8】本実施の形態に係るBA制御の概略を示す流れ

図である。

【図9】第2の実施の形態で路面 $\mu$ 勾配に基づいて設定するしきい値の概略を示す線図である。

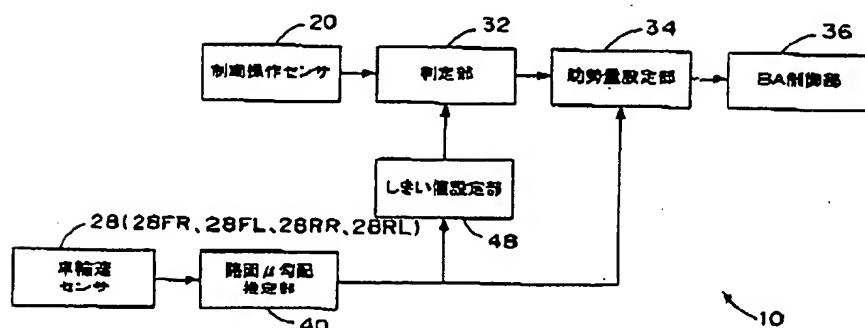
【図10】第2の実施の形態で路面 $\mu$ 勾配に基づいて設定する助勢量の概略を示す線図である。

【図11】本発明が適用される制動装置の他の一例を示す概略構成図である。

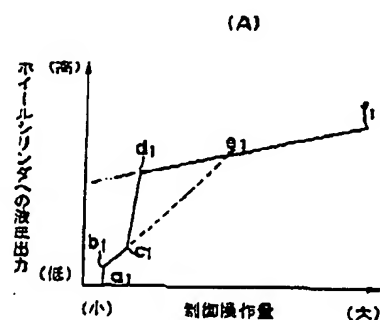
【符号の説明】

- 10 BA制御装置(制動力制御装置)
- 12 制動装置(制動手段)
- 14 ブレーキペダル
- 20 制動操作センサ(制動操作検出手段)
- 22 車輪
- 22FR、22FL 車輪(前輪)
- 22RR、22RL 車輪(後輪)
- 24 ホイールシリンダ(制動手段)
- 26 ECU(制動手段、助勢制御手段)
- 28 車輪速センサ(車輪速検出手段)
- 32 判定部(判定手段)
- 34 助勢量設定部(助勢量設定手段)
- 36 BA制御部(助勢制御手段)
- 40 路面 $\mu$ 勾配推定部
- 48 しきい値設定部

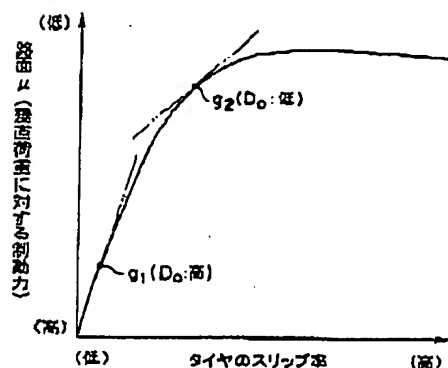
【図1】



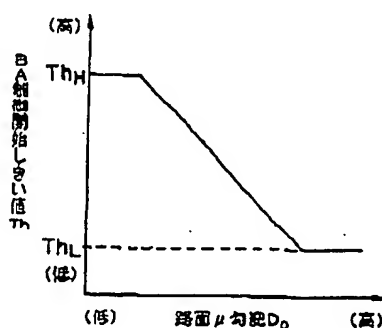
【図3】



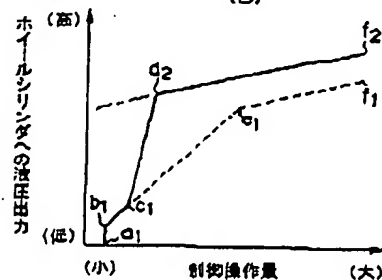
【図4】



【図6】

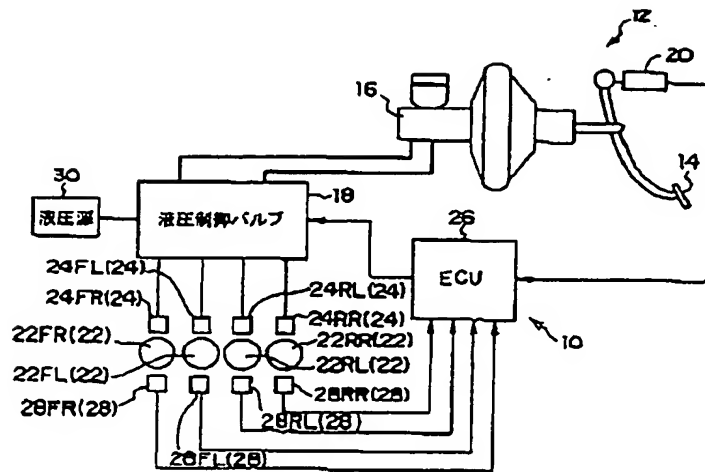


【図(B)】

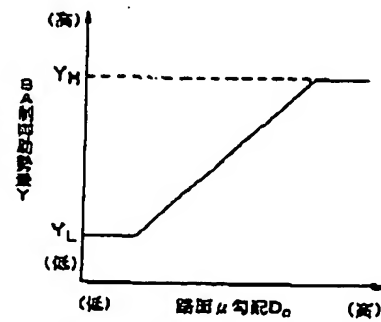


特開2001-287632 (P2001-287632A)

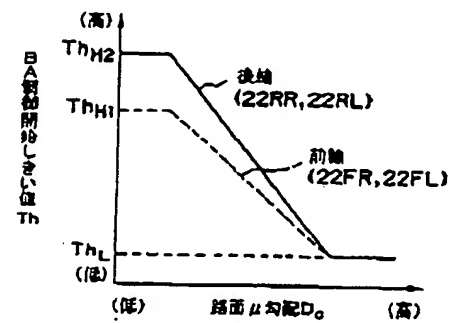
【図2】



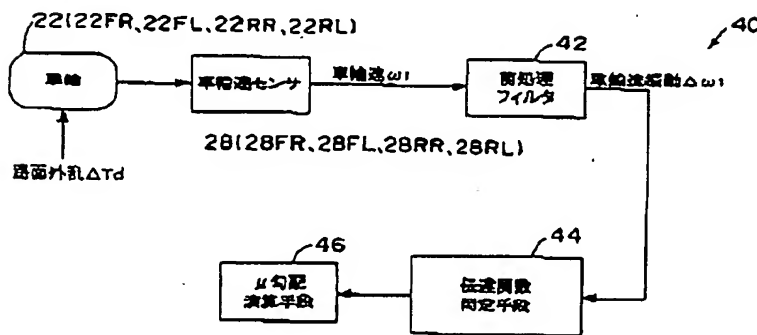
【図7】



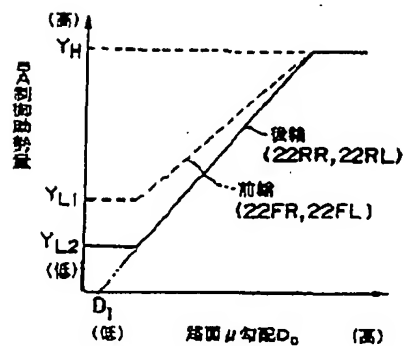
【図9】



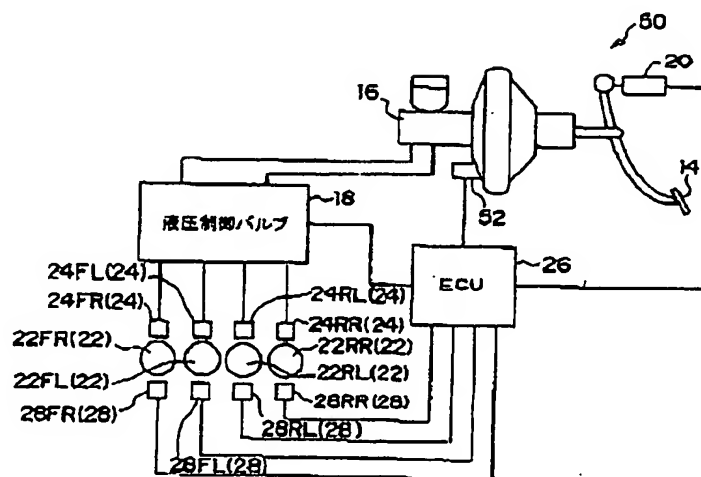
【図5】



【図10】

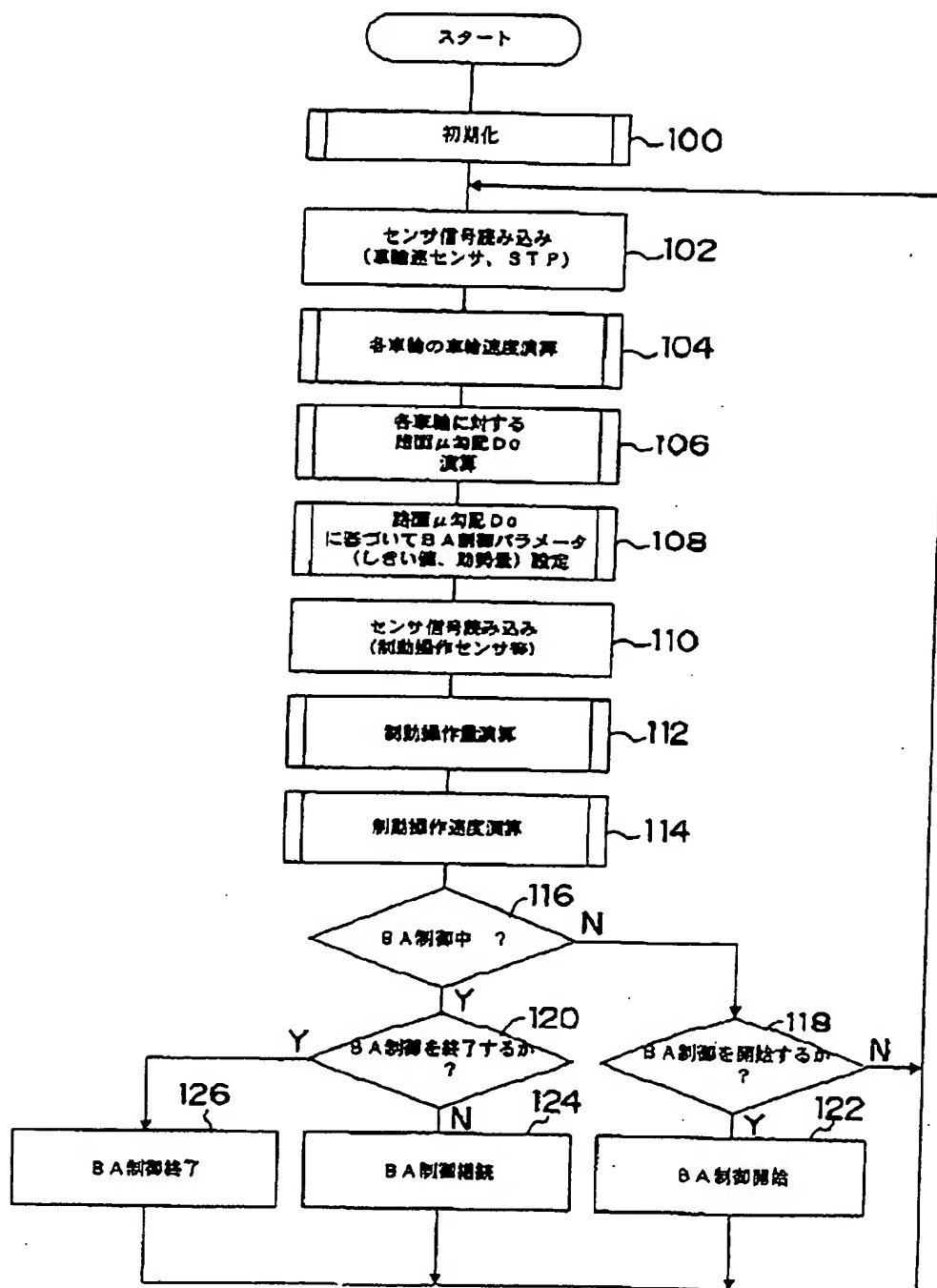


【図11】



特開2001-287632 (P2001-287632A)

【図8】



フロントページの続き

(71) 出願人 000004260  
株式会社デンソー  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 安井 由行  
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシ  
ン精機株式会社内

特開2001-287632 (P2001-287632A)

(72) 発明者 鈴木 秀之  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内  
(72) 発明者 米川 隆  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72) 発明者 田中 亮  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内  
(72) 発明者 沢田 淑  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内  
Fターム(参考) SD046 BB03 BB24 BB28 HH02 HH36  
HH47 JJ02 JJ03